

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-145056

(43)Date of publication of application : 04.06.1996

(51)Int.Cl.

F16C 32/04

(21)Application number : 06-293011

(71)Applicant : YASKAWA ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 28.11.1994

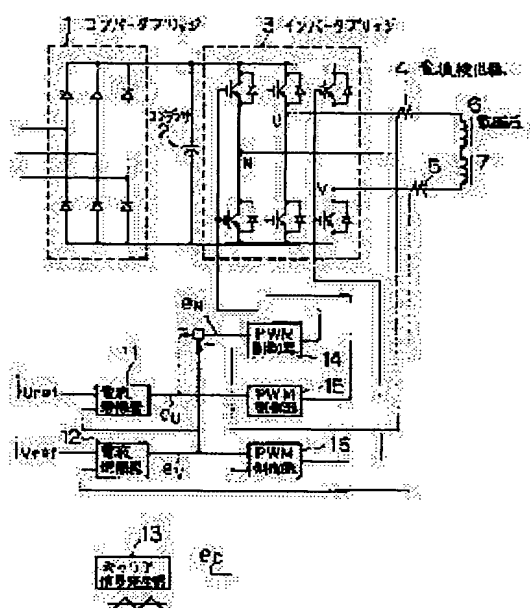
(72)Inventor : KUME TSUNEO
SONODA SUMITOSHI
ISHIDA KIYOSHI

(54) CURRENT CONTROL DEVICE FOR CONTROL SYSTEM MAGNETIC BEARING

(57)Abstract:

PURPOSE: To control a large number of electromagnets by a small number of transistors by current controlling two electromagnets independently by using a pair of three phase transistor bridge circuits.

CONSTITUTION: An output terminal U of an inverter bridge 3 is connected with a terminal of an electromagnet 6 and an output terminal V is connected with a terminal of an electromagnet 7 relatively disposed held between the electromagnet 6 and a rotation axis and an output terminal N is connected with other terminals of both electromagnets 6 and 7. Current of U phase and V phase are respectively detected by current detectors 4 and 5 and these current are compared with current instruction value i_{uref} , i_{vref} and amplified by current amplifiers 11, 12 and these current phase are given to respective PWM controllers 15, 16 as voltage instruction value e_u and e_v of the U phase and V phase. A value reversed polarity of sum with the voltage instruction e_u of the U phase and the voltage instruction e_v of the V phase is provided to PWM controllers 14 as voltage instruction e_N and compared with a carrier signal e_c of triangle wave caused from a carrier signal generator 13 in the respective PWM controllers 14, 15, 16 and main circuit element of respective phases are driven by its logical output.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-145056

(43)公開日 平成8年(1996)6月4日

(51)Int.Cl.⁸
F 1 6 C 32/04

識別記号 庁内整理番号
A

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平6-293011

(22)出願日 平成6年(1994)11月28日

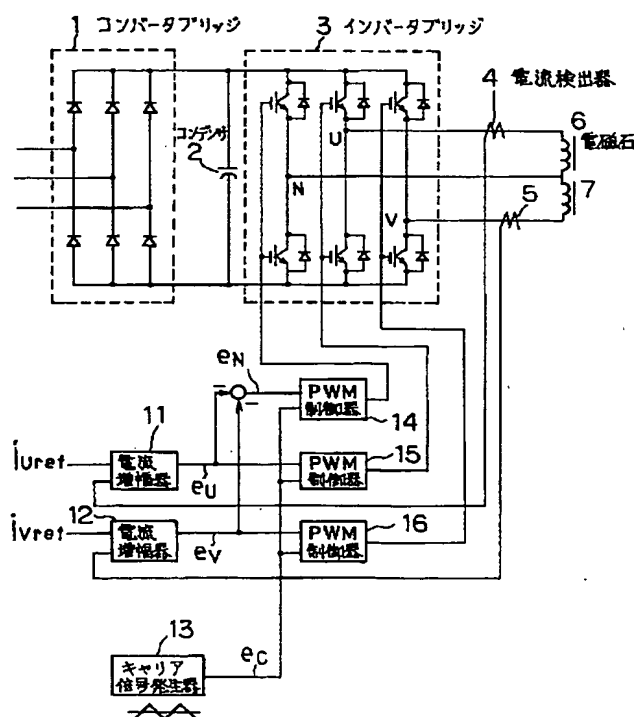
(71)出願人 000006622
株式会社安川電機
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
(72)発明者 久米 常生
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
株式会社安川電機内
(72)発明者 園田 澄利
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
株式会社安川電機内
(72)発明者 石田 精
福岡県北九州市八幡西区黒崎城石2番1号
株式会社安川電機内
(74)代理人 弁理士 若林 忠

(54)【発明の名称】 制御形磁気軸受用の電流制御装置

(57)【要約】

【目的】 数多い電磁石を少ない数のトランジスタで制御できる電流制御装置。

【構成】 3相トランジスタインバータブリッジ3の、第1の相の出力端子を磁気軸受の第1の電磁石6の端子に接続し、第2の相の出力端子を第1の電磁石と回転軸を挟んで相対して設置された第2の電磁石7の端子に接続し、第3の相の出力端子を両電磁石の残りの端子に接続し、第1の相と第2の相の電流を電流検出器4、5で検出し、それぞれを電流増幅器で電流指令値と比較増幅して、第1の相および第2の相の電圧指令値としてそれぞれのPWM制御器15、16に与え、第1の相の電圧指令と第2の相の電圧指令との和の極性を反転した値を第3の相の電圧指令として第3のPWM制御器14に与え、各PWM制御器において三角波のキャリア信号と比較し、その論理出力で各相の主回路素子を駆動することにより、1組の3相ブリッジ回路で2個の電磁石を独立に電流制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 3相トランジスタインバータブリッジの、第1の相の出力端子を制御形磁気軸受の第1の電磁石の端子に接続し、第2の相の出力端子を第1の電磁石と回転軸を挟んで相対して設置された第2の電磁石の端子に接続し、第3の相の出力端子を両電磁石の残りの端子に接続し、第1の相と第2の相の電流を別個に検出し、それぞれを電流増幅器で電流指令値と比較増幅して、その値を第1の相および第2の相の電圧指令値としてそれぞれのPWM制御器に与え、第1の相の電圧指令と第2の相の電圧指令との和の極性を反転した値を第3の相の電圧指令として第3のPWM制御器に与え、各PWM制御器において三角波のキャリア信号と比較し、その論理出力で各相の主回路素子を駆動することにより、1組の3相ブリッジ回路で2個の電磁石を独立に電流制御することを特徴とする、制御形磁気軸受用の電流制御装置。

【請求項 2】 第3の相の電圧指令を、第1および第2の電圧指令値に関係なく常にゼロにすることにより、第1の相と第2の相の電流制御系の非干渉化を図る請求項1記載の制御形磁気軸受用の電流制御装置。

【請求項 3】 第3のPWM制御器に与えるキャリア信号を反転することにより、出力線間電圧の平均値は変えずに、正逆双方向に瞬時電圧を得るようにする請求項1または2記載の制御形磁気軸受用の電流制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、超高速回転体の支持等に用いる制御形磁気軸受用の電磁石の電流制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 図8は、この種の制御形磁気軸受に用いられる対となっている2個の電磁石と制御回路とを示す図、図9は1個の電磁石を制御する従来の電流制御装置を示す回路図である。回転子の回転軸78に設けられた回転子側の鉄心79を挟んで、対をなす2個の固定子側の電磁石76、77が対向するように設けられている。位置制御器70は、固定子側と回転子側との間隔を検出する変位センサ80からの信号と、位置指令との差分により電流指令 i_{ref} を生成し、生成した電流指令 i_{ref} を電流制御装置71、72に与えることにより、電流制御装置71、72を駆動して両電磁石76、77に流す電流を制御し、回転軸78を所望の位置に保持するものである。これら電磁石のうちの1個の制御のために用いられるのが図9に示されるような電流制御装置であって、コンバータブリッジ81で交流電源を整流して、コンデンサ82で平滑することにより一定電圧の直流電源を得て、インバータブリッジ83、電流検出器84、電流増幅器91、PWM制御器95により電磁石76に電流指令信号 i_{ref} に応じた電流を流す。この場合通常、電磁

石に流す電流は直流であるため、交流出力を持ったインバータは不要であるが、電磁石の持った非線形の吸引力特性を補償して安定な動作をさせるためおよび高速応答を得るためにフルブリッジ回路の単相トランジスタブリッジからなるインバータブリッジ83を採用している。すなわち、従来は電磁石1個に対して、単相トランジスタブリッジを1組用いていたわけである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 上述の電磁石を、例えば電動機の軸受に適用する場合には、負荷側支持端、反負荷側支持端の双方にラジアル軸受が必要であり、それぞれ縦方向、横方向に1対ずつ、計4対、両支持端で合計8個の電磁石が必要である。これに加えて、アキシヤル方向の軸受用に電磁石を1対だけ加えると、全体で10個の電磁石が必要になる。これらの電磁石を制御するために、従来の方法によれば、10個の独立した電流制御装置を準備しなければならない。図9で考えると、コンバータブリッジ1と平滑コンデンサ2は共用できるにしても、その他の部分は全て電磁石の個数分だけ揃えなければならない。例えば、電磁石1個に対して、単相トランジスタブリッジを1組用いているため、電磁石1個当たり4個の主トランジスタが必要であり、上述の10個の電磁石には40個の主トランジスタが必要となるため、システムが大掛かりになり、高価なものとなる。

【0004】 本発明は上記の問題に鑑み、数多い電磁石を少ない数のトランジスタで制御できる電流制御装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明の電流制御装置は、3相トランジスタインバータブリッジの、第1の相の出力端子を制御形磁気軸受の第1の電磁石の端子に接続し、第2の相の出力端子を第1の電磁石と回転軸を挟んで相対して設置された第2の電磁石の端子に接続し、第3の相の出力端子を両電磁石の残りの端子に接続し、第1の相と第2の相の電流を別個に検出し、それぞれを電流増幅器で電流指令値と比較増幅して、その値を第1の相および第2の相の電圧指令値としてそれぞれのPWM制御器に与え、第1の相の電圧指令と第2の相の電圧指令との和の極性を反転した値を第3の相の電圧指令として第3のPWM制御器に与え、各PWM制御器において三角波のキャリア信号と比較し、その論理出力で各相の主回路素子を駆動することにより、1組の3相ブリッジ回路で2個の電磁石を独立に電流制御する。

【0006】 また、第3の相の電圧指令を、第1および第2の電圧指令値に関係なく常にゼロにすることにより、第1の相と第2の相の電流制御系の非干渉化を図るのが好ましく、第3のPWM制御器に与えるキャリア信号を反転することにより、出力線間電圧の平均値は変えずに、正逆双方向に瞬時電圧を得るようにすることも好ましい。

【0007】

【作用】合計6個のトランジスタを用いた3相ブリッジ回路を用いて、2個の電磁石を同時に非干渉制御するので、電磁石1個当たり3個の主トランジスタで制御可能となる。3相トランジスタブリッジは、トランジスタモジュールやIGBTモジュール（Insulated Gate Bipolar Transistor Module）として一体化したものが普及しており、集積化がさらに進んだIPM（Intelligent Power Module）も実用化されているので、これらを用いればシステムの簡素化および低コスト化が図れることとなる。

【0008】

【実施例】次に本発明の実施例について図面を参照して説明する。図1は本発明の制御形磁気軸受用の電流制御装置の第1の実施例を示すブロック図、図2は図1の実施例における電磁石を示す図、図5は図1の実施例の動作を示す波形図である。本実施例を例えば電動機の軸受に適用する場合には、回転軸の負荷側支持端、反負荷側支持端の双方にラジアル軸受が必要であり、それぞれ縦方向、横方向に1対ずつ、計4対、およびアキシアル方向の軸受用に1対を加えると、電磁石は5対設けなければならないが、理解を容易にするために、図1、図2においては、1対の電磁石およびそれに対応する電流制御装置のみを示す。固定子側の電磁石6、7は、回転体の回転軸8に設けられた鉄心9を挟んで、対向して対をなすように設けられている。本実施例の電流制御装置は、固定子側と回転子側との間隔を検出する変位センサ10からの信号と、位置指令との差分により電流指令

i_{Uref} , i_{Vref} を生成し、生成した電流指令 i_{Uref} , i_{Vref} に基づく電流をそれぞれ電磁石6、7に流し、回転体を所望の位置に保持するものである。

【0009】すなわち、U相とV相の出力に電流検出器4、5を挿入して、電磁石6、7への供給電流を検出する。検出した供給電流と、電流指令値 i_{Uref} , i_{Vref} とを電流増幅器11、12が比較・増幅し、その結果である偏差信号を電圧指令 e_U , e_V としPWM制御器15、16に出力する。PWM制御器15、16は、電流増幅器11、12から入力した電圧指令 e_U , e_V と、キャリア信号発生器13で発生する三角波 e_C とを比較してU相、V相の電圧信号を得て、インバータブリッジ3の6個の主回路素子（ここでは、IGBTを使用している）を駆動する。U相とV相の電流を制御すれば残りのN相の電流は、各相の電流の合計がゼロになるように流れるので特に制御する必要はない。ここでは、N相の電圧信号として、交流サーボドライブでよく用いているように

$$e_N = -(e_U + e_V)$$

となるようにして電圧のバランスを取るようにしている。上述のように、従来の回路であればインバータブリッジにトランジスタが8個必要となるところ、6個で済

んでいる。

【0010】次に図1の実施例の動作について図5を参照して説明する。図5の最上段は、PWM制御器14、15、16の入力波形である。電圧指令 e_U , e_V , e_N とキャリア信号 e_C とを比較した出力でそれぞれの主回路素子を駆動すると、 V_U , V_V , V_N で示すような、直流母線の仮想中性点に対する出力電圧が得られる。線間電圧は互いに差をとることにより、 V_{U-N} , V_{V-N} に示すようになる。本実施例では、2個の電磁石6、7に加わる電圧が逆極性になっている。これは、定常状態では、それぞれの電流の向きが逆方向になっていることを示すもので、この場合、中性点Nに流れる電流は、それらの差分だけの小さな値でよいことになる。次に本発明の第2の実施例について図3および図6を参照して説明する。図1の実施例においては、電磁石の電流は、それぞれの相の電流指令値に追従するが、電圧指令の総和がゼロになるようにしているので、一方に過渡的な変動があると、中性点の電位が変わり、他方の磁石に印加される電圧が変動し、制御ループゲインが変わるという問題がある。そこで、本実施例では、このような問題を解決するために、中性点Nを制御する電圧指令 e_N をゼロボルトに固定している。図6の最上段の波形図から明らかなように、 e_N はグランドに接続されて固定バイアスとされ、他の相に対する電圧指令の影響を受けないから、各相を完全に独立に電流制御することができる。

【0011】さらに、本発明の第3の実施例について図4および図7を参照して説明する。図1および図3の実施例の動作について図5および図6に示すことから明らかなように、出力電圧は一方の電圧とゼロ電圧の繰り返しであり、リップルの小さい電流を得ることができる。しかし、高応答が必要な用途では正逆双方の電圧を繰り返しながら同様の平均電圧を得るようにするのが望ましいことがある。図4は、このような用途に対応するためのものであって、図3と同様の回路において、N相のPWM制御器14に印加するキャリア信号を信号反転器17で反転している。図7に示すように中性点の電圧信号 e_N は破線で示すような三角波 e_C が反転されたものと比較され V_N の代わりに V_N の否定出力を出力する。その結果、同図に示すように線間電圧としては、両極性およびゼロを含み、その平均値が図6に等しい波形を得ることができる。以上は、アナログ回路と三角波比較形PWM方式を前提にのべたが、デジタル制御を用いた場合も全く同様に取り扱うことができる。

【0012】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、1組の3相トランジスタブリッジ回路を用いて、2個の電磁石を独立に電流制御することにより、制御形磁気軸受用の電流制御装置を簡素化できるとともに、3相トランジスタブリッジ回路を用いているために、3相トランジスタブリッジ回路として既に普及しているトランジスタモジ

ジュールやIGBTモジュールを用いることができ、さらには、集積化の進んだIPMも用いることができ、システムの簡素化、低コスト化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の制御形磁気軸受用の電流制御装置の第1の実施例を示すブロック図である。

【図2】図1の実施例における電磁石の構造を示す図である。

【図3】本発明の制御形磁気軸受用の電流制御装置の第2の実施例を示すブロック図である。

【図4】本発明の制御形磁気軸受用の電流制御装置の第3の実施例を示すブロック図である。

【図5】図1の実施例の動作を示す波形図である。

【図6】図3の実施例の動作を示す波形図である。

【図7】図4の実施例の動作を示す波形図である。

【図8】従来の制御形磁気軸受に用いられる対となっ

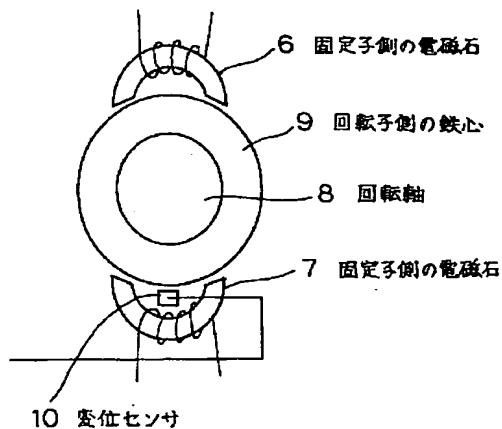
ている2個の電磁石と制御回路とを示す図である。

【図9】1個の電磁石を制御する電流制御装置の従来例を示す回路図である。

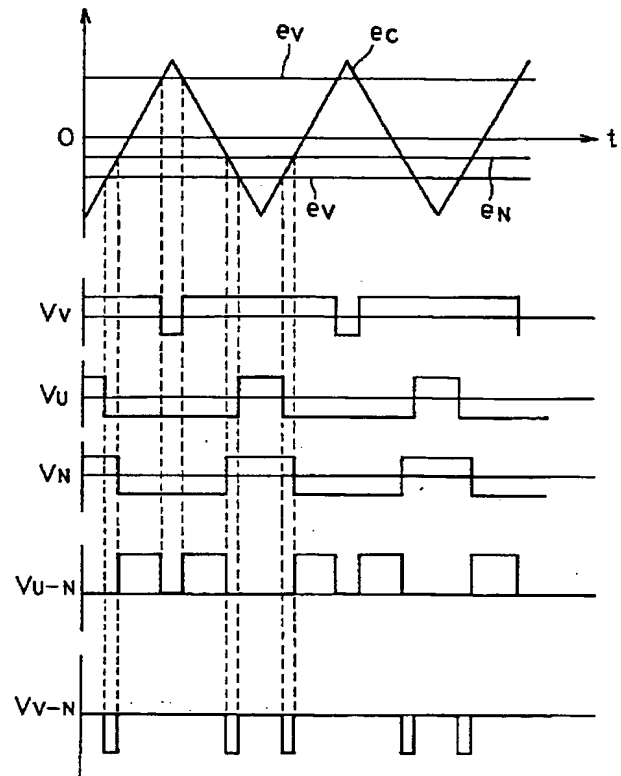
【符号の説明】

- 1 コンバータブリッジ
- 2 コンデンサ
- 3 インバータブリッジ
- 4, 5 電流検出器
- 6, 7 電磁石
- 8 回転軸
- 9 鉄芯
- 10 変位センサ
- 11, 12 電流増幅器
- 13 キャリア信号発生器
- 14, 15, 16 PWM制御器
- 17 信号反転器

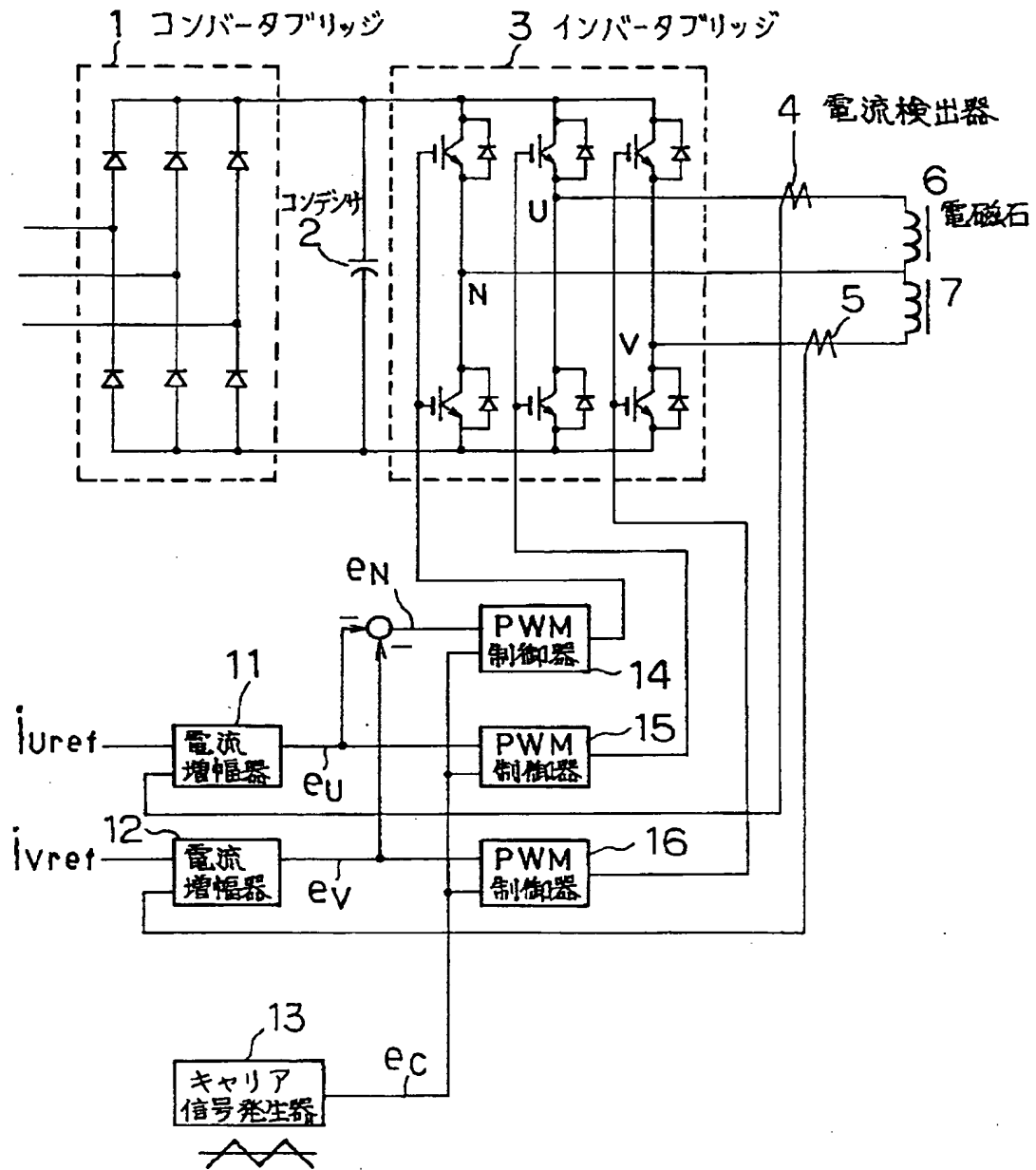
【図2】



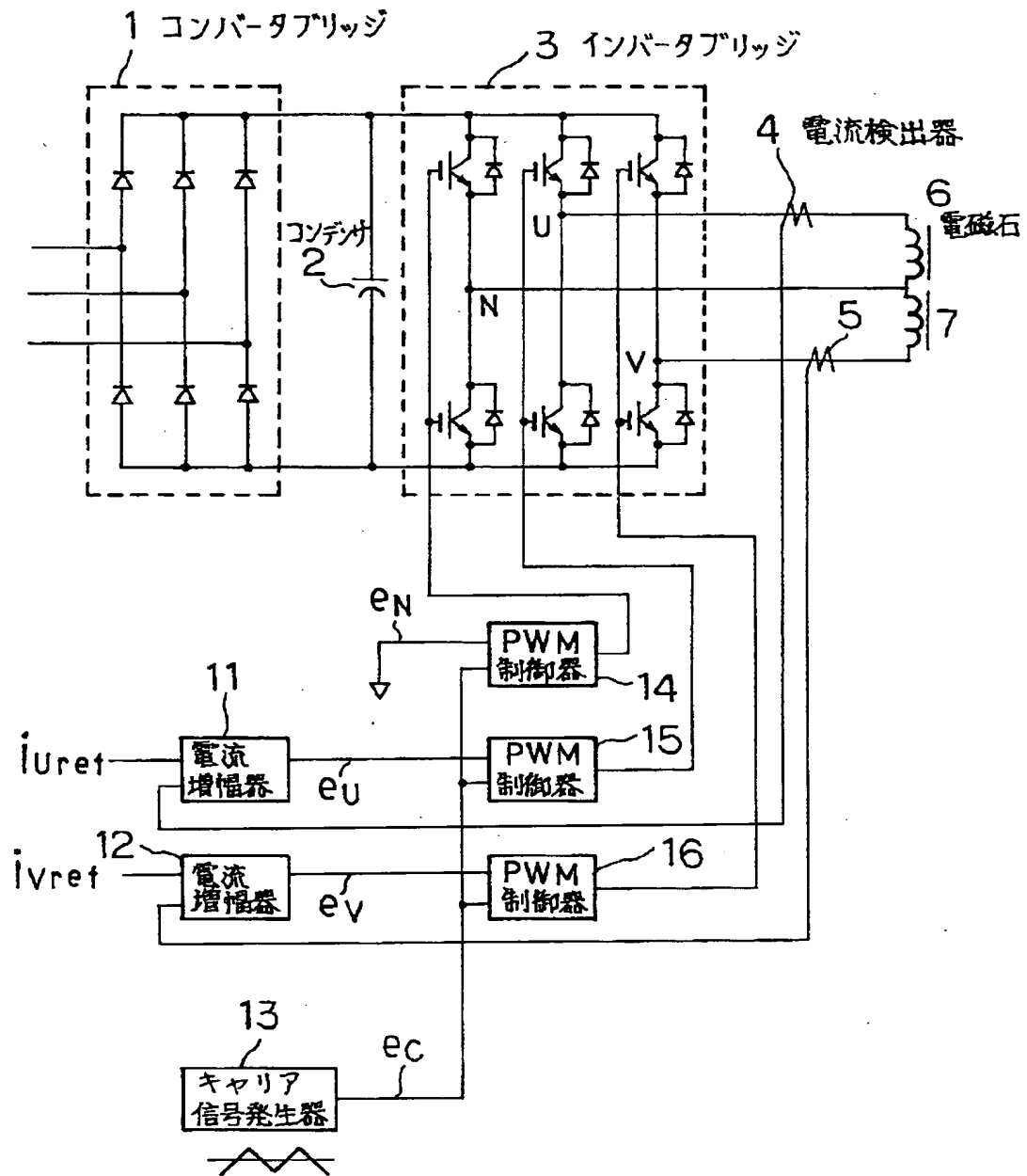
【図5】



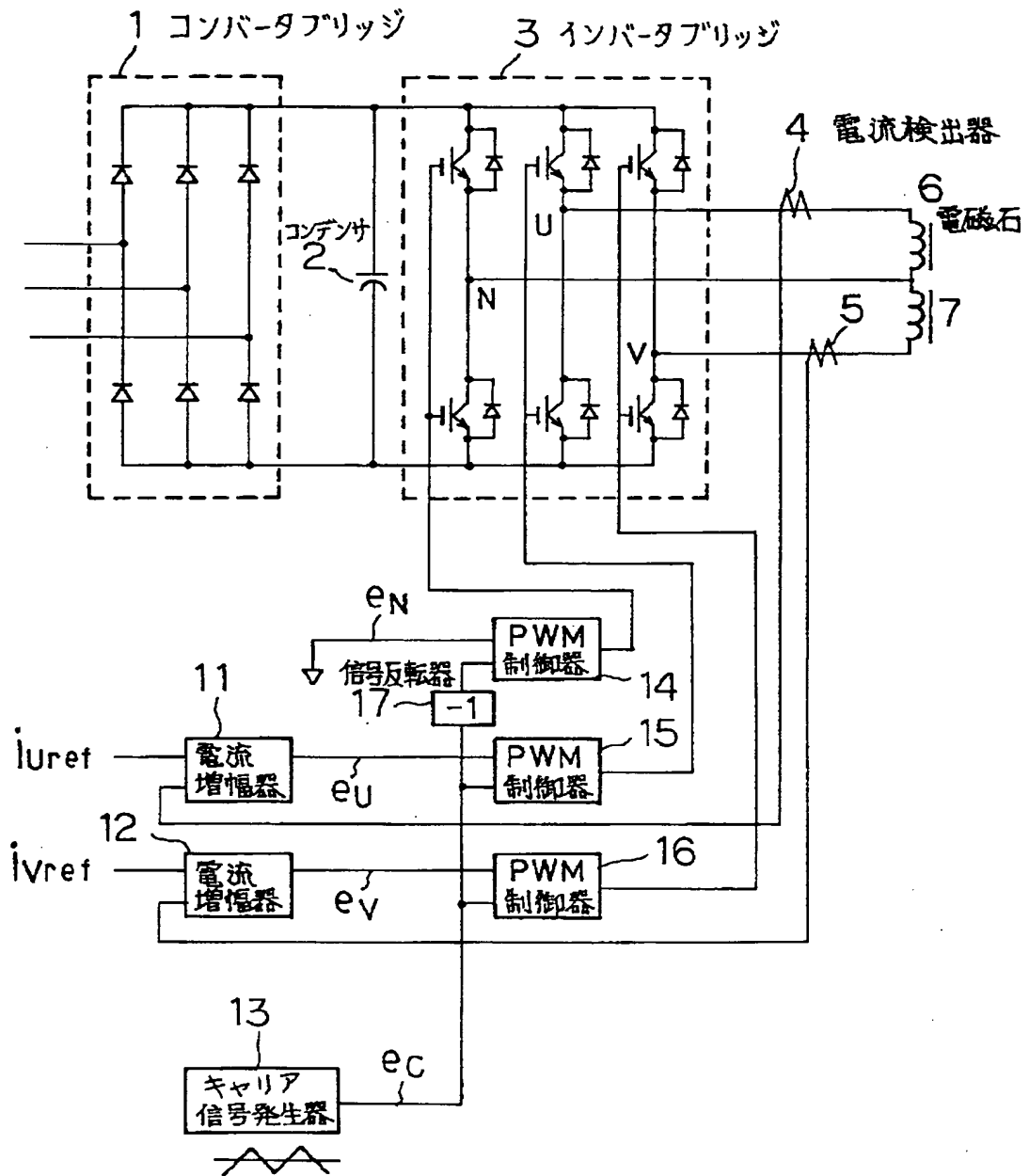
【図1】



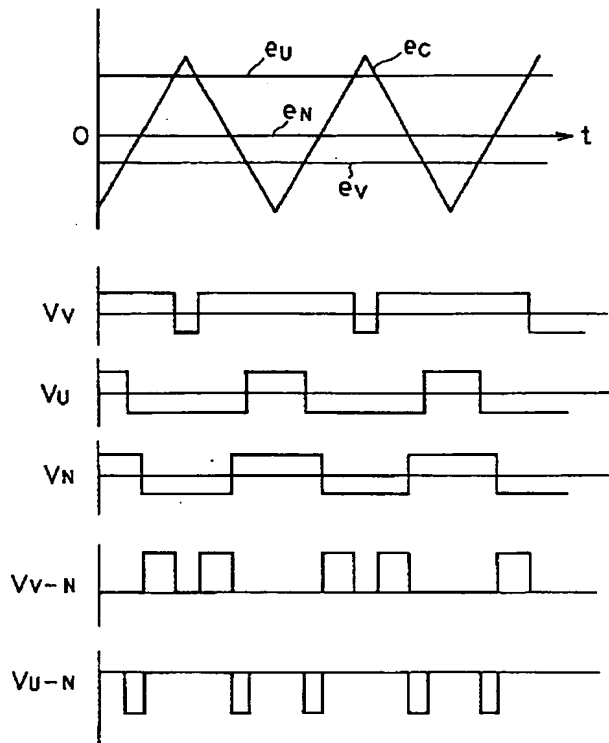
【図3】



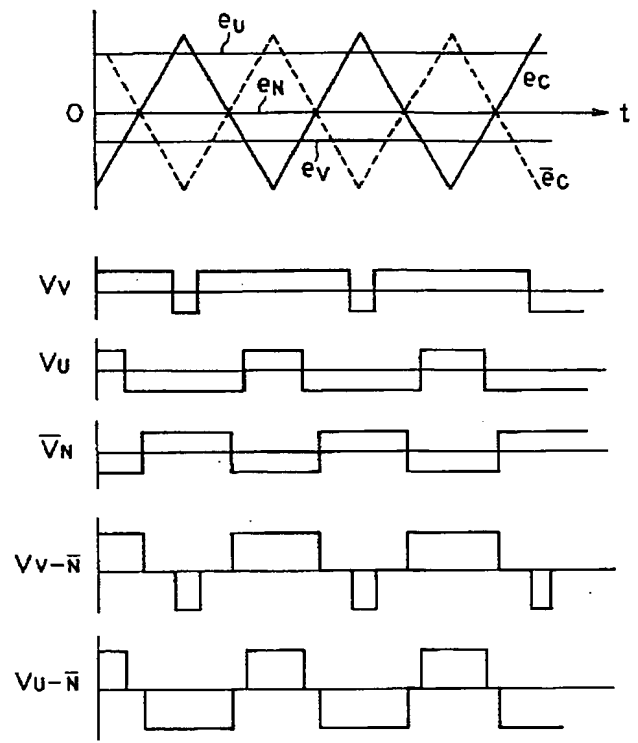
【図4】



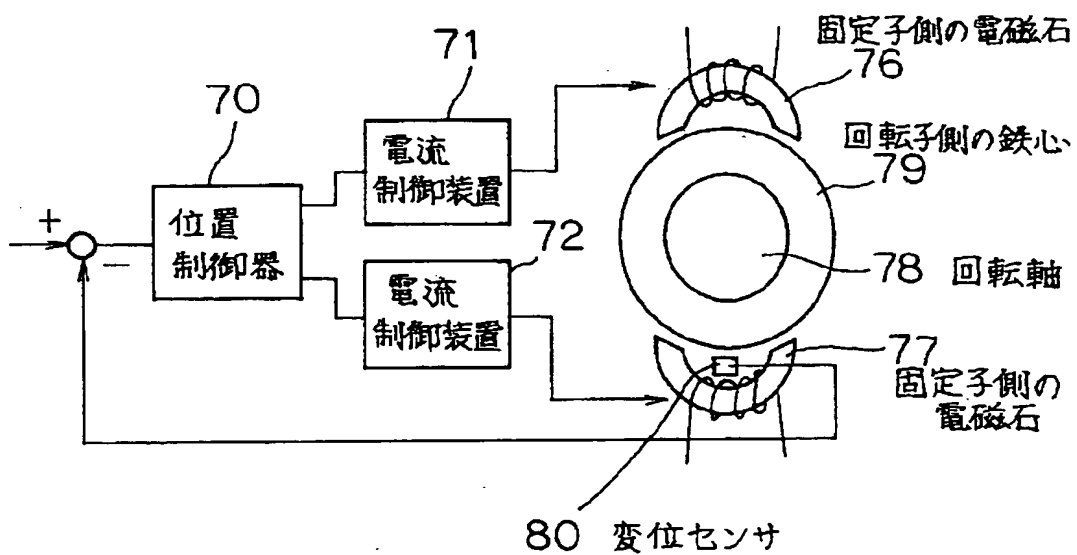
【図6】



【図7】



【図8】



(9)

【図9】

